

MINISTERIALBLÄTT

FÜR DAS LAND NORDRHEIN-WESTFALEN

Ausgabe A

29. Jahrgang

Ausgegeben zu Düsseldorf am 3. Dezember 1976

Nummer 139

Inhalt

I.

**Veröffentlichungen, die in die Sammlung des bereinigten Ministerialblattes
für das Land Nordrhein-Westfalen (SMBI. NW.) aufgenommen werden.**

Glied.-Nr.	Datum	Titel	Seite
23230	3. 11. 1976	RdErl. d. Innenministers DIN 1055 Teil 2 – Lastannahmen für Bauten; Bodenkenngrößen; Wichte, Reibungswinkel, Kohäsion, Wandreibungswinkel	2492

I.

23230

**DIN 1055 Teil 2 –
Lastannahmen für Bauten;
Bodenkenngroßen; Wichte, Reibungswinkel,
Kohäsion, Wandreibungswinkel**

RdErl. d. Innenministers v. 3. 11. 1976 –
V B 1 – 510.101

1. Der Fachnormenausschuß Bauwesen im Deutschen Normenausschuß hat die Norm DIN 1055 Teil 2 überarbeitet und als Ausgabe Februar 1976 herausgegeben.

Die Norm

Anlage

DIN 1055 Teil 2, Ausgabe Februar 1976
– Lastannahmen für Bauten; Bodenkenngroßen;
Wichte, Reibungswinkel, Kohäsion, Wandreibungs-
winkel –

wird hiermit nach § 3 Abs. 3 der Landesbauordnung (BauO NW) als Richtlinie bauaufsichtlich eingeführt. Die Norm ist als Anlage abgedruckt.

Die Ausgabe Februar 1976 der Norm DIN 1055 Teil 2 ersetzt die Norm DIN 1055 Blatt 2, Ausgabe Juni 1963 – Lastannahmen für Bauten; Bodenwerte; Berechnungsgewicht, Winkel der inneren Reibung, Kohäsion –, die mit RdErl. d. Ministers für Landesplanung, Wohnungsbau und öffentliche Arbeiten v. 7. 2. 1964 (MBI. NW. S. 294/SMBI. NW. 23230) bauaufsichtlich eingeführt worden ist.

2. Die Ziffer 3 des RdErl. d. Ministers für Landesplanung, Wohnungsbau und öffentliche Arbeiten v. 7. 2. 1964 (MBI. NW. S. 294/SMBI. NW. 23230) wird aufgehoben.
3. Das Verzeichnis der nach § 3 Abs. 3 BauO NW eingeführten technischen Baubestimmungen, Anlage zum RdErl. v. 7. 6. 1963 (SMBI. NW. 2323) ist in Abschnitt 1 wie folgt zu ändern und zu ergänzen:
 - 3.1 bei DIN 1055 Blatt 1 ist in Spalte 7 zu ergänzen:
Wegen Überarbeitung von DIN 1055 Teil 2
RdErl. v. 3. 11. 1976 (MBI. NW. S. 2492/SMBI. NW. 23230).
 - 3.2 bei DIN 1055 Blatt 2 ist zu setzen:
Spalte 1: DIN 1055 Teil 2
Spalte 2: Februar 1976
Spalte 3: Lastannahmen für Bauten; Bodenkenngroßen;
Wichte, Reibungswinkel, Kohäsion, Wandreibungswinkel
Spalte 4: R
Spalte 5: 3. 11. 1976
Spalte 6: MBI. NW. S. 2492/SMBI. NW. 23230
4. Weitere Stücke des Normblattes DIN 1055 Teil 2, Ausgabe Februar 1976, sind beim Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 4–7, 1000 Berlin 30, und Kamekestr. 2–8, 5000 Köln 1, erhältlich.

Lastannahmen für Bauten
Bodenkenngroßen
Wichte, Reibungswinkel, Kohäsion, Wandreibungswinkel

DIN
1055
Teil 2

Design loads for buildings; soil properties; unit weight, angle of friction, cohesion, wall friction

Diese Norm wurde in der Arbeitsgruppe Einheitliche Technische Baubestimmungen (ETB) des FNBau ausgearbeitet. Sie ist den obersten Bauaufsichtsbehörden vom Institut für Bautechnik, Berlin, zur bauaufsichtlichen Einführung empfohlen worden.

In dieser Norm sind die von außen auf eine Baukonstruktion einwirkenden Kräfte, z. B. Gewichtskräfte, auch als Lasten bezeichnet.

Inhalt

1	Geltungsbereich	7	Einschränkungen bei der Anwendung der Rechenwerte
2	Zweck	8	Wandreibungswinkel
3	Begriffe	9	Hinweise zur Wahl des Erddruckansatzes
4	Ermittlung der Bodenkenngroßen		Weitere Normen und Empfehlungen
5	Bodenkenngroßen für nichtbindige Böden (Rechenwerte)		Erläuterungen
6	Bodenkenngroßen für bindige Böden und organische Böden (Rechenwerte)		Schrifttum

1 Geltungsbereich

1.1 Die nach dieser Norm gewählten Bodenkenngroßen gelten für die Berechnung der Standsicherheit und der Abmessungen baulicher Anlagen, die durch die Eigenlast des Bodens oder durch Erddruck belastet werden.

1.2 In schwierigen Fällen wird die Mitwirkung eines in Grundbau und Bodenmechanik erfahrenen Sachverständigen empfohlen.

2 Zweck

Durch diese Norm soll angegeben werden,

- a) wie die Bodenkenngroßen im Einzelfall zu wählen sind,
- b) welche Einschränkungen bei der Verwendung dieser Bodenkenngroßen zu beachten sind,
- c) mit welchem Wert bei der Ermittlung des Erddrucks eine Wandreibung angesetzt werden darf,
- d) in welchen Fällen der Grenzwert des aktiven Erddrucks, der Erdruhedruck oder ein zwischen diesen Werten liegender Erddruck anzusetzen ist.

Damit bodenmechanische Untersuchungen auf das unbedingt erforderliche Maß beschränkt werden können, sind für überschaubare Fälle Tabellenwerte angegeben.

3 Begriffe

3.1 Die **Wichte** des Bodens (früher Raumgewicht des Bodens) ist die Gewichtskraft eines Bodenkörpers, bezogen auf sein Volumen einschließlich der mit Flüssigkeit und Gas gefüllten Poren. Dabei ist zwischen der Wichte des feuchten Bodens γ , der des wassergesättigten Bodens γ_w und der des Bodens unter Auftrieb γ' zu unterscheiden, siehe DIN 4015.

3.2 Die **Scherfestigkeit** ist der Widerstand, den der Boden im Bruchzustand in einer Scherfläche der Scherbeanspruchung entgegenzusetzen vermag, bezogen

auf die Scherfläche. Die Scherfestigkeit lässt sich im allgemeinen in einen Reibungsanteil und in einen Kohäsionsanteil zerlegen. Man erhält damit die Scherparameter ϕ und c , siehe DIN 18 137 Teil 1 Vornorm.

3.3 Als **innerer Reibungswinkel** (kurz Reibungswinkel genannt) wird in der graphischen Auftragung – der Scherspannungen auf der Ordinatenachse und den Normalspannungen auf der Abszissenachse (τ, σ -Diagramm) – bei Annahme einer geraden Scherlinie deren Neigungswinkel gegenüber der Waagerechten bezeichnet. Bei bindigen Böden ist dabei zwischen dem Reibungswinkel ϕ' des konsolidierten Bodens und dem Reibungswinkel ϕ_u des unkonsolidierten Bodens zu unterscheiden, siehe DIN 18 137 Teil 1 Vornorm.

3.4 Als **Kohäsion** wird der Ordinatenabschnitt der Scherlinie in der graphischen Auftragung nach Abschnitt 3.3 bezeichnet. Bei bindigen Böden ist dabei zwischen der Kohäsion c' des konsolidierten Bodens und der Kohäsion c_u des unkonsolidierten Bodens zu unterscheiden, siehe DIN 18 137 Teil 1 Vornorm.

3.5 Der **Wandreibungswinkel** δ ist der Winkel zwischen der angreifenden Erddrucklast und der Flächennormalen auf die belastete Bauwerksfläche.

3.6 Der **aktive Erddruck** ist der kleinste Erddruck, der sich infolge von Bodeneigenlast und Auflasten hinter einer Wand einstellt, wenn sich diese im erforderlichen Maße vom Erdreich weg bewegt. Er ergibt sich aus einer rechnerischen oder graphischen Untersuchung verschiedener Gleitflächen unter Berücksichtigung der Bodenkenngroßen nach den Abschnitten 3.1 bis 3.5 als oberer Grenzwert. Die Resultierende des Erddrucks wird als Erddrucklast bezeichnet.

3.7 Als **erhöhter Erddruck** wird ein Erddruck bezeichnet, der wegen nicht ausreichender Wandbewegung größer ist als der aktive Erddruck, aber kleiner als der Ruhedruck.

Fortsetzung Seite 2 bis 5
Erläuterungen Seite 6 bis 11

3.8 Der Erdruhedruck im Sinne dieser Norm ist der im ungestörten gewachsenen Boden auf eine gedachte senkrechte Ebene wirkende Erddruck infolge von Boden-eigenlast und Auflasten. Die Resultierende des Erdruhedrucks wird als Erdruhedrucklast bezeichnet.

3.9 Mit Verdichtungserddruck wird der Erddruck bezeichnet, der sich hinter einer Wand einstellt, wenn eine Schüttung aus nichtbindigem oder bindigem Boden lagenweise eingebracht und verdichtet wird.

4 Ermittlung der Bodenkenngroßen

4.1 Art, Beschaffenheit, Ausdehnung und Mächtigkeit der Bodenschichten, für die Bodenkenngroßen festgelegt werden sollen, sind durch Schürfe oder Bohrungen und gegebenenfalls durch zusätzliche Sondierungen festzustellen, sofern die örtlichen Erfahrungen keinen ausreichenden Aufschluß geben. DIN 4021 Teil 1, DIN 4022 Teil 1, DIN 4023, DIN 4094 Teil 1 sowie DIN 18 196 sind hierbei zu beachten.

4.2 Im Grundsatz sind die für die Lastannahmen erforderlichen Bodenkenngroßen unmittelbar auf Grund bodenmechanischer Untersuchungen festzulegen und anzugeben. Zur Berücksichtigung der Heterogenität des Untergrunds in Verbindung mit den Ungenauigkeiten bei Probenahme und Versuchsdurchführung sind die in Versuchen ermittelten Werte mit angemessenen Zu- bzw. Abschlägen zu versehen, bevor sie, durch den Vorsatz „cal“ als Rechenwerte gekennzeichnet, in die Berechnung eingehen.

4.3 Soweit aus örtlicher Erfahrung ausreichend bekannt ist, daß gleichartige Untergrundverhältnisse vorliegen, dürfen die Bodenkenngroßen von früheren Bodenuntersuchungen übernommen werden.

4.4 Sofern die anstehenden Böden nach ihrer Art und Beschaffenheit in die Bodengruppen der Tabellen einge-reiht werden können, darf unter Beachtung der Ab-schnitte 5 und 6 mit den in den Tabellen 1 und 2 genann-ten Bodenkenngroßen gerechnet werden.

4.5 Die nach Abschnitt 4.2 oder Abschnitt 4.3 auf Grund von Bodenuntersuchungen festgelegten Boden-kenngroßen dürfen auch dann einer Berechnung zugrunde gelegt werden, wenn sie günstiger sind als die in den Tabellen 1 und 2 angegebenen Bodenkenngroßen. Ein-schränkungen hierzu siehe Abschnitt 7.

4.6 Die an Schüttungen von feuchten nichtbindigen Böden oder an Schüttungen von bindigen Böden festge-stellten Böschungswinkel dürfen nicht als innerer Reibungswinkel in die Berechnung eingeführt werden.

5 Bodenkenngroßen für nichtbindige Böden (Rechenwerte)

5.1 Die in Tabelle 1 angegebenen Rechenwerte für Bodenkenngroßen gelten sowohl für gewachsene als auch für geschüttete Böden. Die maßgebliche Lagerungsdichte darf in beiden Fällen durch eine künstliche Verdichtung hergestellt sein. Bei Böden mit porösem Korn, z. B. Bimskies und Tuffsand dürfen die Tabellenwerte nicht angewendet werden.

5.2 Liegen keine Erfahrungen oder Untersuchungen über die Lagerungsdichte vor, so ist bei der Ermittlung des Erddrucks sowie beim Nachweis der Auftriebs-sicherheit eine lockere Lagerung anzunehmen, bei der Ermittlung von Auflasten eine mitteldichte Lagerung. Im übrigen darf mitteldichte Lagerung nur angenommen werden, wenn dies auf Grund bekannter Verhältnisse ge-

Tabelle 1. Bodenkenngroßen für nichtbindige Böden (Rechenwerte)

Spalte	1	2	3	4	5	6	7
Zeile	Bodenart	Kurzzeichen nach DIN 18 196	Lagerung ¹⁾	Wichte			Reibungs-winkel cal φ'
				erdfeucht	wasser-gesättigt	unter Auftrieb	
				cal γ	cal γ _r	cal γ'	
				kN/m ³ (Mp/m ³)	kN/m ³ (Mp/m ³)	kN/m ³ (Mp/m ³)	Grad
1	Sand, schwach schluffiger Sand,	SE	locker	17,0 (1,70)	19,0 (1,90)	9,0 (0,90)	30
2	Kies-Sand, eng gestuft	sowie SU mit U ≤ 6	mitteldicht	18,0 (1,80)	20,0 (2,00)	10,0 (1,00)	32,5
3			dicht	19,0 (1,90)	21,0 (2,10)	11,0 (1,10)	35
4	Kies, Geröll,	GE	locker	17,0 (1,70)	19,0 (1,90)	9,0 (0,90)	32,5
5	Steine, mit geringem Sandanteil, eng gestuft		mitteldicht	18,0 (1,80)	20,0 (2,00)	10,0 (1,00)	35
6			dicht	19,0 (1,90)	21,0 (2,10)	11,0 (1,10)	37,5
7	Sand, Kies-Sand, Kies, weit oder intermittierend gestuft	SW, SI, SU, GW, GI mit 6 < U ≤ 15	locker	18,0 (1,80)	20,0 (2,00)	10,0 (1,00)	30
8			mitteldicht	19,0 (1,90)	21,0 (2,10)	11,0 (1,10)	32,5
9			dicht	20,0 (2,00)	22,0 (2,20)	12,0 (1,20)	35
10	Sand, Kies-Sand, Kies, schwach schluffiger Kies, weit oder intermittierend gestuft	SW, SI, SU, GW, GI mit U > 15 sowie GU	locker	18,0 (1,80)	20,0 (2,00)	10,0 (1,00)	30
11			mitteldicht	20,0 (2,00)	22,0 (2,20)	12,0 (1,20)	32,5
12			dicht	22,0 (2,20)	24,0 (2,40)	14,0 (1,40)	35

¹⁾ locker: $0,15 < D \leq 0,30$; mitteldicht: $0,30 < D \leq 0,50$; dicht: $0,50 < D \leq 0,75$; dabei ist die Lagerungsdichte $D = (\max n - n) / (\max n - \min n)$

rechtfertigt ist. Eine höhere als die mitteldichte Lagerung darf bei der Festlegung der Scherfestigkeit nur auf Grund von besonderen Untersuchungen, z. B. Druck- oder Rammsondierungen nach DIN 4094 Teil 1, zugrunde gelegt werden.

5.3 Die Werte der Tabelle 1, Zeilen 1 bis 9 gelten für runde und abgerundete Kornform. Sofern kantige Körner überwiegen, dürfen die für den Reibungswinkel angegebenen Werte um $2,5^\circ$ erhöht werden.

5.4 Beim Nachweis der Auftriebssicherheit oder der Sicherheit gegen Abheben sind die in der Tabelle 1 angegebenen Wichten im Falle erdfreudigen Bodens um $2,0 \text{ kN/m}^3$ ($0,20 \text{ Mp/m}^3$), im Falle wassergesättigten oder unter Auftrieb stehenden Bodens um $1,0 \text{ kN/m}^3$ ($0,10 \text{ Mp/m}^3$) zu vermindern.

6 Bodenkenngrößen für bindige Böden und organische Böden (Rechenwerte)

6.1 Die in Tabelle 2 angegebenen Rechenwerte für Bodenkenngrößen gelten für gewachsene, konsolidierte bindige Böden. Die Verwendung der angegebenen Wichten und der angegebenen Reibungswinkel ist bei geschütteten bindigen Böden zulässig, wenn sie soweit verdichtet werden, daß ihre Lagerungsdichte wenigstens 95 % der einfachen Proctordichte beträgt. Die angegebenen Tabelle 1 Werte für die Kohäsion sind bei geschüttetem bindigem Boden durch $\text{cal } c = 0$ und $\text{cal } c_u = 0$ zu ersetzen.

6.2 Maßgebend für die Einteilung der Böden in der Tabelle 2 sind plastisches Verhalten und Zustandsform (Konsistenz). Die Einstufung im Hinblick auf den Grad der Plastizität richtet sich entweder nach den Laborversuchen nach DIN 18 122 Teil 1 Vornorm oder nach den Feldversuchen nach DIN 18 196. Die Einstufung im Hinblick auf die Zustandsform richtet sich entweder nach den Laborversuchen nach DIN 18 121 Teil 1 oder nach den Feldversuchen nach DIN 4022 Teil 1. Liegen keine Erfahrungen oder Untersuchungen über den Grad der Plastizität oder die Zustandsform vor, so ist der weiteren Untersuchung die jeweils ungünstigste Annahme zugrunde zu legen.

6.3 Bei bindigen Böden mit besonders flacher Kornverteilungslinien, z.B. Geschiebemergel und Lehm, deren Korngrößen vom Ton bis zu Sand oder Kies reichen (gemischtkörnige Böden der Bodengruppen SÜ, ST, ST, GU, GT und GT nach DIN 18 196, Ausgabe Juni 1970), sind die in den Zeilen 1 bis 9 der Tabelle 2 angegebenen Wichten um $1,0 \text{ kN/m}^3$ ($0,10 \text{ Mp/m}^3$) zu erhöhen. Für die Größen $\text{cal } \varphi'$, $\text{cal } c'$ und $\text{cal } c_u$ gelten die Werte der Tabelle 2.

6.4 Beim Nachweis der Auftriebssicherheit oder der Sicherheit gegen Abheben sind die in der Tabelle 2 angegebenen Wichten im Falle eines oberhalb des Grundwasserspiegels liegenden Bodens um $2,0 \text{ kN/m}^3$ ($0,20 \text{ Mp/m}^3$), im Falle eines unter Wasser liegenden Bodens um $1,0 \text{ kN/m}^3$ ($0,10 \text{ Mp/m}^3$) zu vermindern.

Tabelle 2. Bodenkenngrößen für bindige Böden und organische Böden (Rechenwerte)

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8
Zeile	Bodenart	Kurzzeichen nach DIN 18 196	Zustandsform ¹⁾	Wichte		Reibungswinkel	Kohäsion	
				über Wasser	unter Wasser		cal c'	cal c_u
				cal γ	cal γ'		kN/m ³ (Mp/m ³)	kN/m ² (Mp/m ²)
1 2 3	Anorganische bindige Böden mit ausgeprägt plastischen Eigenschaften ($w_L > 50\%$)	TA	weich steif halbfest	18,0 (1,80) 19,0 (1,90) 20,0 (2,00)	8,0 (0,80) 9,0 (0,90) 10,0 (1,00)	17,5 17,5 17,5	0 (0) 10 (1,0) 25 (2,5)	15 (1,5) 35 (3,5) 75 (7,5)
4 5 6	Anorganische bindige Böden mit mittelplastischen Eigenschaften ($50\% \geq w_L \geq 35\%$)	TM und UM	weich steif halbfest	19,0 (1,90) 19,5 (1,95) 20,5 (2,05)	9,0 (0,90) 9,5 (0,95) 10,5 (1,05)	22,5 22,5 22,5	0 (0) 5 (0,5) 10 (1,0)	5 (0,5) 25 (2,5) 60 (6,0)
7 8 9	Anorganische bindige Böden mit leicht plastischen Eigenschaften ($w_L < 35\%$)	TL und UL	weich steif halbfest	20,0 (2,00) 20,5 (2,05) 21,0 (2,10)	10,0 (1,00) 10,5 (1,05) 11,0 (1,10)	27,5 27,5 27,5	0 (0) 2 (0,2) 5 (0,5)	0 (0) 15 (1,5) 40 (4,0)
10 11	Organischer Ton, organischer Schluff	OT und OU	weich steif	14,0 (1,40) 17,0 (1,70)	4,0 (0,40) 7,0 (0,70)	15 15	0 (0) 0 (0)	10 (1,0) 20 (2,0)
12 13	Torf ohne Vorbelastung Torf unter mäßiger Vorbelastung	HN und HZ		11,0 (1,10) 13,0 (1,30)	1,0 (0,10) 3,0 (0,30)	15 15	2 (0,2) 5 (0,5)	10 (1,0) 20 (2,0)

¹⁾ weich: $0,50 < I_C \leq 0,75$; steif: $0,75 < I_C \leq 1,00$; halbfest: $I_C > 1,00$; dabei ist die Konsistenzzahl $I_C = (w_L - w)/(w_L - w_p)$, siehe DIN 18 122 Teil 1

6.5 Als Scherfestigkeit im unkonsolidierten Zustand sind in der Tabelle 2 nur Rechenwerte für die Kohäsion c_u angegeben. Der zugehörige Winkel der inneren Reibung ist mit $\varphi_u = 0$ anzunehmen.

7 Einschränkungen bei der Anwendung der Rechenwerte

7.1 Die Kohäsion darf nur dann berücksichtigt werden, wenn der Boden beim Durchkneten nicht breiig wird und wenn gewährleistet ist, daß er seine Zustandsform, z. B. beim Auftauen nach einer Frostperiode, gegenüber dem ursprünglichen Zustand nicht ändern kann. Bei aufgefülltem Boden darf die Kohäsion nur auf Grund besonderer Untersuchungen angesetzt werden.

7.2 Treten nichtbindige und bindige Bodenarten oder verschiedene bindige Bodenarten in geschichteter Form auf, so sind die Werte der ungünstigeren Bodenarten zu grunde zu legen, sofern keine genauere Untersuchung angestellt wird.

7.3 Bei der Übertragung der im Versuch an Proben ermittelten Scherfestigkeit oder der Tabellenwerte auf das Verhalten der gesamten Bodenmasse ist zu berücksichtigen, daß die Scherfestigkeit bindiger und felsartiger Böden durch Haarrisse oder Klüfte sowie durch Einlagerungen schwach bindiger oder nichtbindiger Böden stark herabgesetzt sein kann. Außerdem können durch Verwerfungen und geneigte Schichtfugen bestimmte Gleitflächen vorgegeben sein. Als besonders leicht zu Rutschungen neigend gelten z. B. Opalinuston, Knollenmergel und Tarras.

7.4 Bei bindigen Bodenschichten ist zu prüfen, ob ein Porenwasserüberdruck auftreten kann. Porenwasserüberdruck kann bei Änderungen des Spannungszustandes entstehen, z. B. bei Belastung des Bodens durch Aufbringen einer zusätzlichen Auflast oder durch die Erhöhung der Eigenlast des Bodens als Folge einer Absenkung des Grundwassers. Er nimmt mit zunehmender Konsolidierung des Bodens wieder ab. Sofern keine genaueren Untersuchungen angestellt werden, ist die Berechnung sowohl mit der Anfangsfestigkeit im unkonsolidierten Zustand (φ_u, c_u) als auch mit der Endfestigkeit im konsolidierten Zustand (φ', c') durchzuführen.

7.5 Bei lotrechter oder zur Lotrechten geneigter Durchströmung nichtbindiger oder bindiger Böden kann die wirksame Wichte vergrößert oder verringert werden. Ebenso wie in diesem Fall sind besondere Untersuchungen auch dann anzustellen, wenn bei wassergesättigtem Schluff- oder Feinsandboden durch Baugrubenaushub oder andere Maßnahmen ein örtlicher Druckhöhenunterschied entsteht und der Boden dadurch Fließeigenschaften annimmt.

8 Wandreibungswinkel

8.1 Der Wandreibungswinkel δ zwischen Hinterfüllung oder Schüttgutern und Stützwand ist von der Rauigkeit der Wand, von der Neigung des Geländes hinter der Stützwand, von Art und Lagerung bzw. Konsistenz des Hinterfüllungsbodens sowie von der Bewegungsmöglichkeit zwischen Wand und Hinterfüllung abhängig.

8.2 Zur Ermittlung des aktiven Erddrucks kann der Wandreibungswinkel bei rauer Wandoberfläche mit zwei Dritteln, bei weniger rauer Wandoberfläche mit einem Drittel des inneren Reibungswinkels angesetzt werden, sofern die Ableitung der Vertikalkomponente des Erddrucks in den Untergrund sichergestellt ist. Im allgemeinen können die unbehandelten Oberflächen von Stahl, Beton und Holz als rau angesehen werden.

8.3 Bei stark schmieriger Hinterfüllung oder bei plastischer Dichtungsschicht an der Wandhinterseite ist der Wandreibungswinkel mit Null anzunehmen. Als plastisch wird hier eine Dichtungsschicht bezeichnet, die keine Schubkräfte übertragen kann.

8.4 Bei der Ermittlung des Erddrucks im Falle eines unkonsolidierten bindigen Bodens darf an Stelle einer Wandreibung eine Adhäsion $c_a = \frac{1}{2} \cdot c_u$ angesetzt werden.

9 Hinweise zur Wahl des Erddruckansatzes

9.1 Der aktive Erddruck, der mit den auf Grund von Bodenuntersuchungen ermittelten bzw. den Tabellen 1 und 2 entnommenen Werten für die Scherfestigkeit errechnet wird, ist nur dann für die Bemessung des Bauwerks ausreichend, wenn die zum Auslösen des Grenzzustandes erforderliche Bewegung der Wand sichergestellt ist. Diese Bewegung kann aus einer Drehung, einer Parallelverschiebung oder einer Durchbiegung der Wand bestehen bzw. sich aus einer Überlagerung dieser Einflüsse zusammensetzen.

9.2 Reichen die zu erwartenden Bewegungen der Wand voraussichtlich nicht aus, um den Grenzzustand des aktiven Erddrucks auszulösen, oder werden die dazu erforderlichen Bewegungen durch entsprechende Maßnahmen verhindert, bei Baugrubenwänden z. B. durch ein Vorspannen der Steifen, so ist der Bemessung der Wand ein erhöhter Erddruck zugrunde zu legen. Hierzu siehe die Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“.

9.3 Der Erdruhedruck ist anzusetzen bei sehr biegesteifen Bauteilen, die ohne nennenswerte Änderung des Erdspannungszustands in den anstehenden Boden eingebrochen sind und deren Verbindung mit benachbarten oder stützenden Bauteilen oder mit dem Untergrund so starr ist, daß eine Bewegung in Erddruckrichtung nicht auftreten kann. Wird im Falle der lotrechten Wand und des waagerechten Geländes der Erdruhedruck näherungsweise mit Hilfe der Formel $K_0 = 1 - \sin \varphi'$ ermittelt, bleibt die Kohäsion des Bodens außer Ansatz.

9.4 Der Erdruhedruck ist näherungsweise auch anzusetzen, wenn starre und unverschiebbliche Bauteile unter guter Verdichtung des Bodens hinterfüllt werden und die Verspannung des Bodens nicht durch folgende Bauvorgänge oder Schwindvorgänge im Bauwerk bzw. im Boden wieder abgebaut wird. Bei sehr starker Verdichtung des hintergefüllten Bodens kann es erforderlich sein, in Abhängigkeit von der Tiefe der Verdichtungswirkung einen Verdichtungsdruck anzusetzen, der größer ist als der Erdruhedruck.

9.5 Der Ansatz des Erddrucks entsprechend den Abschnitten 9.1 bis 9.4 kann sich als nicht ausreichend erweisen,

- wenn beim Durchtritt von Kälte durch eine Bauwerkswand dahinter anstehender frostempfindlicher bindiger Boden gefriert kann und seine Ausdehnung durch das Bauwerk behindert wird,
- wenn sich ein rahmenartiges Bauwerk erwärmen kann und seine Ausdehnung durch den anstehenden Boden behindert wird,
- wenn ein an einem Hang anstehender Boden einer Kriechbewegung unterworfen ist,
- wenn ein bindiger Boden mit Quelleneigenschaften, z. B. ein anhydrithaltiger Boden, durch das Bauwerk an seiner Ausdehnung behindert wird.

In diesen Fällen sind zusätzliche Untersuchungen anzustellen.

9.6 Sofern bei der Bemessung von Bauwerksteilen der Erddruck einen günstigen Einfluß ausübt, ist nicht der größtmögliche Erddruck nach den Abschnitten 9.1 bis 9.5, sondern der kleinste in Betracht kommende Erddruck maßgebend. Der mit den auf Grund von Bodenuntersuchungen ermittelten bzw. den Tabellen 1 oder 2 entnommenen Bodenkenngrößen errechnete aktive Erddruck, erhöhte Erddruck, Erdruhedruck oder Verdichtungserddruck ist dementsprechend herabzusetzen.

9.7 Bei schmalen, dem Erddruck ausgesetzten Baukörpern, die in Böschungen stehen, ist für die Ermittlung der Erddrucklast, soweit nicht ein genauerer Nachweis geführt wird, mit folgenden Bauwerksbreiten zu rechnen:

- bei Baukörpern mit einer Breite bis zu 1,00 m mit der dreifachen Breite des Baukörpers,
- bei Baukörpern mit einer Breite von 1,00 bis 3,00 m mit der Breite 3,00 m,
- bei Baukörpern mit einer Breite von mehr als 3,00 m mit der tatsächlichen Breite des Baukörpers.

Weitere Normen und Empfehlungen

- DIN 1054 Baugrund; Zulässige Belastung des Baugrunds
- DIN 1055 Teil 1 Lastannahmen für Bauten; Lagerstoffe, Baustoffe und Bauteile
- DIN 4021 Teil 1 Baugrund; Erkundung durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben; Aufschlüsse im Boden
- DIN 4022 Teil 1 Baugrund und Grundwasser; Benennen und Beschreiben von Bodenarten und Fels; Schichtenverzeichnis für Untersuchungen und Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben
- DIN 4023 Baugrund- und Wasserbohrungen; zeichnerische Darstellung der Ergebnisse
- DIN 4094 Teil 1 Baugrund; Ramm- und Drucksondiergeräte, Abmessungen und Arbeitsweise der Geräte
- DIN 4124 Baugruben und Gräben; Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau
- DIN 18 121 Teil 1 Baugrund; Untersuchung von Bodenproben, Bestimmung des Wassergehaltes durch Ofentrocknung
- DIN 18 122 Teil 1 Vornorm Baugrund; Untersuchung von Bodenproben; Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen); Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze
- DIN 18 123 Teil 1 Vornorm Baugrund; Untersuchung von Bodenproben; Korngrößenverteilung
- DIN 18 124 Teil 1 Vornorm Baugrund; Untersuchung von Bodenproben; Bestimmung der Korndichte mit dem Kapillarpyknometer
- DIN 18 125 Teil 1 Vornorm Baugrund; Untersuchung von Bodenproben; Bestimmung der Dichte des Bodens; Labormethoden
- DIN 18 125 Teil 2 Vornorm Baugrund; Untersuchung von Bodenproben; Bestimmung der Dichte des Bodens; Feldmethoden
- DIN 18 134 Baugrund; Untersuchung von Böden; Plattendruckversuch (z. Z. noch Entwurf)
- DIN 18 136 Vornorm Baugrund; Untersuchung von Bodenproben; Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit
- DIN 18 137 Teil 1 Vornorm Baugrund; Untersuchung von Bodenproben; Bestimmung der Scherfestigkeit, Begriffe und grundsätzliche Versuchsbedingungen
- DIN 18 196 Erdbau; Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke und Methoden zum Erkennen von Bodengruppen
- DIN 18 300 VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen, Teil C, Allgemeine Technische Vorschriften für Bauleistungen; Erdarbeiten
- DIN 19 630 Gas- und Wasserverteilungsanlagen; Rohr-Verlegungsrichtlinien für Gas- und Wasserrohrnetze
- Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ der Hafenbautechnischen Gesellschaft e.V. und der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.V. 1)
- Empfehlungen des Arbeitskreises „Tunnelbau“ der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.V. 2)
- Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.V. 2)
- Zusätzliche Technische Vorschriften für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTVE – StB 75), herausgegeben vom Bundesministerium für Verkehr
- Merkblatt für das Zufüllen von Leitungsgräben, Ausgabe 1970, herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen e.V., Köln
- Merkblatt für die Bodenverdichtung im Straßenbau, Ausgabe 1972, herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen e.V., Köln

¹⁾ Zu beziehen durch den Verlag von W. Ernst & Sohn, Berlin/München/Düsseldorf

²⁾ Erhältlich bei der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.V., 43 Essen, Kronprinzenstraße 35a

Erläuterungen

Zu 1 Geltungsbereich

Zu 1.1

DIN 1055 Teil 2 unterscheidet nicht zwischen Dauerbauten und Bauten für vorübergehende Zwecke. Sie gilt daher nicht nur für Bauwerke, sondern auch für Baugruben und Leitungsgräben. Auch unter Tage hergestellte Tunnel- und Stollenbauten sowie Rohrleitungen sind im Geltungsbereich nicht ausdrücklich ausgenommen. Allerdings reichen die Angaben der Norm nicht aus, um bei unterirdisch hergestellten Bauwerken und bei Rohrleitungen die Standsicherheit in bodenmechanischer Hinsicht beurteilen zu können. Im übrigen gilt die Norm nicht für Sohlreibung, Grundbruch, Geländebruch, Böschungsbruch und Erdwiderstand, es sei denn, es wird in den dafür maßgebenden Normen auf sie Bezug genommen.

Zu 1.2

Ein schwieriger Fall, in dem die Norm die Mitwirkung eines in Grundbau und Bodenmechanik erfahrenen Sachverständigen empfiehlt, kann z. B. vorliegen,

- a) wenn Zweifel an der richtigen Einstufung der angetroffenen Bodenart bestehen,
- b) wenn unklar ist, ob Bodenverhältnisse vorliegen, welche die Übernahme von Bodenkenngrößen aus früheren Bodenuntersuchungen rechtfertigen,
- c) wenn Böden anstehen, die zum Rutschen oder Quellen neigen oder einer Kriechbewegung unterworfen sind,
- d) wenn felsartige Böden anstehen, die möglicherweise beim oder nach dem Freilegen ihre Eigenschaften verändern,
- e) wenn unkonsolidierte Zustände im Boden zu erwarten sind,
- f) wenn Standsicherheit oder Bernessung eines Bauwerks durch Strömungskräfte beeinflusst werden,
- g) wenn der Zusammenhang zwischen der Bewegung oder der Verformung des Bauwerks und dem Wert oder der Verteilung des Erddrucks eine erhebliche Rolle spielt,
- h) wenn Temperatureinflüsse eine ausschlaggebende Rolle spielen können,
- i) wenn abweichend vom üblichen Ansatz Konsistenz und Kohäsion eines bindigen Bodens bei der Ermittlung des Erdruhedrucks berücksichtigt werden sollen.

Zu 3 Begriffe

Zu 3.6 bis 3.8

Auf eine gedachte lotrechte oder annähernd lotrechte Ebene wirkt im ungestörten Erdreich entsprechend der Eigenlast und den elastischen Eigenschaften des Bodens ein Ruhedruck, der auf Grund theoretischer Überlegungen im allgemeinen geradlinig mit der Tiefe zunehmend angenommen wird. Kann diese Ebene, z. B. durch einseitiges Abgraben, seitlich ausweichen, so findet ein Übergang vom elastischen in den plastischen Zustand statt, in dem die Scherfestigkeit des Bodens eine ausschlaggebende Rolle spielt. Mit zunehmender Bewegung nimmt der Erddruck von der ursprünglichen Ruhedrucklast E_0 ab auf den Grenzwert des aktiven Erddruckes mit der Erddrucklast E_a . Von den unendlich vielen ebenen Gleitflächen, die im plastischen Zustand denkbar sind, wird nach der Theorie von Coulomb diejenige als maßgebend angesehen, welche die größte rechnerische Gesamterdrucklast E_a liefert.

Zwischen den beiden Grenzfällen „Ruhedruck“ und „Aktiver Erddruck“ sind entsprechend der tatsächlich auftretenden Wandbewegung Zwischenwerte möglich. Ist die Bewegung der Wand auf Grund ihrer Bauart und Her-

stellungsweise zu gering oder wird die Bewegung durch entsprechende Maßnahmen absichtlich behindert, dann tritt ein Erddruck auf, der größer ist als der aktive Erddruck, aber kleiner als der Ruhedruck. Man kann diese Erscheinung ähnlich wie den Erdruhedruck auf eine teilweise Mobilisierung des Scherwiderstands in der maßgebenden Gleitfläche zurückführen. In der Praxis hat es sich eingebürgert, in diesem Fall entweder einen Erddruckwert zwischen dem aktiven Erddruck und dem Ruhedruck zu wählen oder den errechneten aktiven Erddruck mit einem entsprechend gewählten Faktor zu multiplizieren. Von der zweiten Möglichkeit stammt die Bezeichnung „Erhöhter aktiver Erddruck“ bzw. „Erhöhter Erddruck“ her. Die Verteilung des erhöhten Erddrucks über die Wandhöhe richtet sich in ähnlicher Weise wie die Verteilung des aktiven Erddrucks nach den Verformungs- und Bewegungsmöglichkeiten der Wand. Hierzu siehe auch die Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ [2].

Zu 4 Ermittlung der Bodenkenngrößen

Zu 4.2

Da die Forderung, die für die Lastannahmen benötigten Bodenkenngrößen durch bodenmechanische Untersuchungen festzulegen, nur „im Grundsatz“ erhoben wird, wird man es im Einzelfalle auch von den Abmessungen des Bauwerks und der Empfindlichkeit seiner Konstruktion abhängig machen, ob die Bodenkenngrößen — sofern sie nicht ohnehin nach Abschnitt 4.3 von früheren Bodenuntersuchungen übernommen werden können — durch bodenmechanische Untersuchungen ermittelt oder aus den Tabellen der Norm entnommen werden. So fordert DIN 4124, Ausgabe Januar 1972, im Falle von Baugruben und Gräben bodenmechanische Untersuchungen erst ab 5 m Baugrubentiefe.

Werden die für die Lastannahmen erforderlichen Bodenkenngrößen auf Grund von bodenmechanischen Untersuchungen festgelegt, so sind die in den Versuchen ermittelten Werte mit angemessenen Zu- bzw. Abschlägen zu versehen. Die Zu- bzw. Abschläge richten sich im wesentlichen danach,

- a) wie die zu untersuchenden Proben ausgewählt worden sind,
- b) ob die verwendeten Versuchsgeräte erfahrungsgemäß auf der sicheren oder auf der unsicheren Seite liegende Ergebnisse liefern,
- c) welche Streuungen die Versuchsergebnisse aufweisen,
- d) wie die Inhomogenitäten des Bodens zu beurteilen sind,
- e) wofür die Bodenkenngrößen gebraucht werden, bzw. welche Berechnungsverfahren angewendet werden.

Bei der Wahl der Zu- bzw. Abschläge kann die Empfehlung E 96 (Sicherheitsbeiwerte bei Anwendung der EAU) des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ [1] als Grundlage für eine auf der sicheren Seite liegende Festlegung angesehen werden.

Zu 4.4

Die in den Tabellen aufgeführten und gegebenenfalls entsprechend den Angaben in den Abschnitten 5 und 6 erhöhten oder vermindernden Bodenkenngrößen sind Rechenwerte im Sinne von Abschnitt 4.2. So liegen die angegebenen Reibungswinkel stets an der unteren Grenze der Wahrscheinlichkeit, die damit errechneten Erddrucklasten dagegen an der oberen Grenze. Die angegebenen Wichten liegen an der oberen Grenze der Wahrscheinlichkeit, wenn eine höhere Lastannahme die tatsächliche Sicherheit erhöht, z. B. beim Nachweis der Standsicherheit von Stützbauwerken, und an der unteren Grenze, wenn eine niedrige

Lastannahme zu einer größeren Sicherheit führt, z. B. beim Nachweis der Auftriebssicherheit. Im übrigen soll die Angabe der inneren Reibungswinkel auf $0,50^\circ$ keine besondere Genauigkeit vortäuschen, sondern nur die Benutzung der bestehenden Tabellenwerke erleichtern.

Im Abschnitt 5.2 sind Hinweise gegeben, wie zu verfahren ist, wenn die Tabellenwerte für nichtbindige Böden verwendet werden sollen, obwohl keine Erfahrungen oder Untersuchungen über die Lagerungsdichte vorliegen. Eine entsprechende Angabe ist im Abschnitt 6.2 für den Fall enthalten, daß bei bindigen Böden weder der Grad der Plastizität noch die Zustandsform bekannt sind. Diese Angaben stehen — da sie auf der sicheren Seite liegen — nicht im Widerspruch zu der Forderung im Abschnitt 4.4, wonach die anstehenden Böden nach ihrer Art und Beschaffenheit soweit bekannt sein müssen, daß sie in die Bodengruppen der Tabellen eingereiht werden können. Als Mindestforderung bleibt bestehen, daß eine Unterscheidung nach folgenden Gesichtspunkten möglich sein muß:

- Ist der Boden bindig oder nichtbindig?
- Ist die betreffende Bodenart in den Tabellen erwähnt?
- handelt es sich bei einem nichtbindigen Boden um Sand, Kies oder ein gemischt-körniges Material, weist er eine steile oder flache Körnungslinie auf?
- Handelt es sich bei einem bindigen Boden um organisches oder anorganisches Material bzw. liegt Torf vor?

Diese Unterscheidungen lassen sich mit Hilfe einfacher Feldversuche nach DIN 18 196, Ausgabe Juni 1970, Abschnitt 6.2 treffen. Im übrigen gehen die in den Tabellen angegebenen Bodenkenngrößen von den üblicherweise anzutreffenden Bodenverhältnissen aus. Sie können im Einzelfalle, z. B. bei örtlich typischen Böden, von den tatsächlichen Bodenkenngrößen abweichen.

Zu 4.5

Im allgemeinen werden bei ausreichender Anzahl von Bodenproben bodenmechanische Untersuchungen günstigere Bodenwerte ergeben als sie in den Tabellen angegeben sind. Aus diesem Grunde wird man in der Regel nur bei kleinen oder untergeordneten Bauwerken und bei Bauteilen, die in erster Linie nach konstruktiven Gesichtspunkten bemessen werden, auf eingehende Untersuchungen verzichten.

Zu 4.6

Beim Aushub oder bei Bohrarbeiten anfallender bindiger Boden läßt sich bei weicher bis fester Konsistenz verhältnismäßig steil aufschütten. Das gleiche gilt für feuchten nichtbindigen Boden. Als Maßstab für die Scherfestigkeit des Bodens ist dieser Böschungswinkel ungeeignet. Lediglich bei völlig trockenen nichtbindigen Böden und bei nichtbindigen Böden, die mit entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen unter Wasser geschüttet werden, entspricht der Böschungswinkel etwa dem Reibungswinkel.

Zu 5 Bodenkenngrößen für nichtbindige Böden (Rechenwerte)

Zu 5.2

Nach dem Wortlaut der Norm darf — abgesehen von der Ermittlung einer auf der sicheren Seite liegenden Auflast — mitteldichte Lagerung nur angenommen werden, wenn dies auf Grund bekannter Verhältnisse gerechtfertigt ist. Dabei kommen im wesentlichen zwei Fälle in Frage:

- Bei gewachsenem Boden kann gegebenenfalls auf Erfahrungen in der Nachbarschaft oder auf die geologische Einordnung Bezug genommen werden.
- Bei aufzufüllendem Boden kann unterstellt werden, daß einschlägige Verdichtungsvorschriften, z. B.

im Rohrleitungsgrabenbau die DIN 4033, im Erdbau die DIN 18 300 und die „Zusätzlichen Technischen Vorschriften und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau“ beachtet werden.

Soll bei einem aufzufüllenden Boden eine höhere als die mitteldichte Lagerung zugrunde gelegt werden, so wird der Forderung der Norm nach besonderen Untersuchungen auch durch den Nachweis der erzielten Proctordichte Genüge getan.

Zu 5.3

Kantige Verwitterungsprodukte von mürben Gesteinen, z. B. von Tonschiefer, Sandstein, Kalkstein u. ä., können nur dann in die Gruppe der kantigen Kornform eingeordnet werden, wenn sie eine genügende Festigkeit aufweisen, das heißt, unter der zu erwartenden Belastung nicht brechen.

Zu 5.4

Im Hinblick auf die Belastung eines Bauwerks liegen die in der Tabelle 1 angegebenen Wichten an der oberen Grenze der Wahrscheinlichkeit. Soll die Auftriebssicherheit eines Bauwerks nachgewiesen werden, so müssen jedoch Werte zugrunde gelegt werden, die an der unteren Grenze der Wahrscheinlichkeit liegen.

Zu 6 Bodenkenngrößen für bindige Böden und organische Böden (Rechenwerte)

Zu 6.1

Die in der Tabelle 2 angegebenen Scherfestigkeiten liegen an der unteren Grenze der Wahrscheinlichkeit, die Wichten an der oberen Grenze.

Die in der Tabelle 2 angegebene Kohäsion darf nur bei gewachsenen bindigen Böden angesetzt werden. Zwar ist damit zu rechnen, daß sich beim Verdichten eines künstlich aufgeschütteten bindigen Bodens die beim Lösen des Bodens zerstörte Kohäsion zum Teil wieder einstellt, doch hängt dies in starkem Maße von der Kornverteilung, dem Wassergehalt, dem Kalkgehalt und anderen Faktoren ab. In der Norm kann daher über die beim Verdichten wieder-gewonnene Kohäsion keine Aussage gemacht werden. Sie ist gegebenenfalls durch Labor- oder Feldversuche zu ermitteln. Vor allem bei größeren Bauvorhaben dürfte dies auch aus wirtschaftlichen Gründen zweckmäßig sein.

Zu 6.2

Die Bestimmung von Plastizitätsgrad und Zustandsform wird ausdrücklich nicht nur auf Laborversuche beschränkt. Es ist vielmehr zulässig, diese Bodenerkennungsmerkmale in Feldversuchen, in der Regel also durch den Bohrmeister, feststellen zu lassen. Nach DIN 18 196, Ausgabe Juni 1970, kommen dafür folgende Versuche in Frage:

- der Trockenfestigkeitsversuch,
- der Schüttelversuch,
- der Knetversuch.

An sich würde zur Bestimmung des Plastizitätsgrads bereits der Knetversuch ausreichen. Das Gesamtbild läßt sich jedoch abrunden, wenn das Ergebnis des Trockenfestigkeitsversuchs und des Schüttelversuchs zum Vergleich hinzugezogen werden. Danach gilt folgendes:

- Bodenarten mit ausgeprägt plastischem Verhalten weisen eine sehr hohe Trockenfestigkeit und keine Reaktion beim Schüttelversuch auf,
- Bodenarten mittlerer Plastizität weisen in der Regel eine mittlere bis hohe Trockenfestigkeit und keine oder eine langsame Reaktion beim Schüttelversuch auf,
- Bodenarten leichter Plastizität weisen in der Regel eine niedrige bis mittlere Trockenfestigkeit auf. Das Ergebnis des Schüttelversuchs kann von fehlender Reaktion bis zu schneller Reaktion reichen.

Ähnlich einfach wie der Grad der Plastizität läßt sich auch die Zustandsform eines bindigen Bodens ermitteln. DIN 4022 Teil 1, Ausgabe November 1969 gibt dazu folgendes an:

- weich ist ein Boden, der sich leicht kneten läßt,
- steif ist ein Boden, der sich schwer kneten, aber in der Hand zu 3 mm dicken Röllchen ausrollen läßt, ohne zu reißen oder zu zerbröckeln,
- halbfest ist ein Boden, der beim Versuch, ihn zu 3 mm dicken Röllchen auszurollen, zwar bröckelt und reißt, aber doch noch feucht genug ist, um ihn erneut zu einem Klumpen formen zu können.

Ist es versäumt worden, die Feldversuche vorzunehmen bzw. entsprechende Bodenproben für die nachträgliche Untersuchung bereitzustellen, und liegen auch keine ausreichenden Erfahrungen über die anstehenden Böden vor, so ist der weiteren Untersuchung jeweils die ungünstigste Annahme zugrunde zu legen:

- Ist der Grad der Plastizität eines anorganischen Bodens nicht bekannt, so sind die Bodenkenngrößen der Zeilen 1 bis 3 von Tabelle 2 zugrunde zu legen, wenn die Auftriebssicherheit nachgewiesen werden oder Erddruckkräfte im konsolidierten Zustand des Bodens ermittelt werden sollen. Dagegen sind die Bodenkenngrößen der Zeilen 7 bis 9 von Tabelle 2 maßgebend, wenn Erddruckkräfte im nicht konsolidierten Zustand des Bodens oder wenn Auflasten ermittelt werden sollen.
- Ist die Zustandsform nicht bekannt, so ist eine weiche Konsistenz im Falle des Erddrucks und des Auftriebs anzunehmen, eine halbfeste Konsistenz im Falle der Auflasten.

Zu 6.3

Weitgestufte Böden mit verhältnismäßig geringem Tonanteil weisen einen besonders geringen Hohlräumgehalt auf, weil die jeweils kleineren Körner die Lücken zwischen den jeweils größeren Körnern besonders gut auszufüllen vermögen.

Zu 6.4

Die angegebene Herabsetzung ist erforderlich, weil der Wassergehalt eines wassergesättigten oder unter Auftrieb stehenden Bodens im Einzelfalle größer und damit die Wichte des Bodens kleiner sein kann als es bei der Festlegung der Tabellenwerte zugrunde gelegt worden ist. Bei nicht wassergesättigten Böden verringert sich die Wichte darüber hinaus, weil ein Teil der Hohlräume mit Luft gefüllt ist.

Zu 7 Einschränkungen bei der Anwendung der Rechenwerte

Die im Abschnitt 7 angegebenen Einschränkungen und Hinweise gelten nicht nur für die Anwendung der Tabellenwerte, sondern auch für die Anwendung von Bodenkenngrößen, die durch bodenmechanische Untersuchungen festgestellt worden sind.

Zu 7.1

Bei der Änderung der Zustandsform ist in erster Linie daran gedacht, daß ein Boden durch äußere Einflüsse vom halbfesten in einen steifen Zustand, vom steifen in einen weichen Zustand oder vom weichen in einen breiigen Zustand übergeht. Gegen die umgekehrte Entwicklung ist an sich nichts einzuwenden, da sie in der Regel mit einer Verbesserung der Scherfestigkeit verbunden ist. Nur der Übergang vom halbfesten in den festen oder harten Zustand kann nachteilige Folgen haben: es besteht hierbei die Ge-

fahr, daß sich an der Geländeoberfläche Schrumpfrisse bilden, die sich bei Niederschlägen mit Wasser füllen, wodurch einerseits ein hydrostatischer Druck aufgebaut und andererseits der Boden aufgeweicht werden kann.

Zu 7.2

Bei sehr unregelmäßigem Verlauf der Schichten und bei Vorliegen verhältnismäßig dünner Bodenschichten wird es von der Bedeutung des Objektes abhängen, ob die Bodenkenngrößen der ungünstigsten Bodenart gewählt oder ob genauere Untersuchungen angestellt werden. Eine genauere Untersuchung kann z. B. von mehreren denkbaren Bodenprofilen ausgehen, welche die mögliche Dicke und Lage der einzelnen Bodenschichten berücksichtigen. Maßgebend ist dann für die Annahme der Belastung der ungünstigste Fall, sofern sich die unterschiedlichen Schichtungen nicht örtlich genau eingrenzen lassen.

Zu 7.3

Bezüglich der Frage, in welchen Fällen die Scherfestigkeit der Bodenmasse als Ganzes herabgesetzt sein kann, lassen sich keine allgemeinen Regeln angeben. Entscheidend ist stets die geologische Vorgeschichte. Meistens aber liegen örtliche Erfahrungen vor. Gegebenenfalls ist ein Sachverständiger einzuschalten.

Zu 8 Wandreibungswinkel

Zu 8.1

Insbesondere die Bewegungsmöglichkeit zwischen Wand und Erdboden hat einen großen Einfluß auf Wert und Richtung des Wandreibungswinkels. Mit der Vorzeichendefinition nach Bild 1 lassen sich im Grundsatz drei Fälle unterscheiden:

- Ist die Wand in der Lage, die auftretende Vertikalkomponente des Erddrucks ohne nennenswerte Setzung in den Untergrund abzuleiten, dann ist eine wesentliche Voraussetzung für das Auftreten eines positiven Wandreibungswinkels gegeben.
- Ist die Wand nicht in der Lage, Vertikalkräfte in den Untergrund abzugeben, z. B. weil sie zu wenig tief oder in nicht tragfähigen Untergrund einbindet, dann kann keine Wandreibung auftreten.
- Wird die Wand durch lotrechte Lastkomponenten in so großem Maße belastet, daß die auftretenden Kräfte gar nicht oder nur teilweise im Fußbereich in den Untergrund abgetragen werden können, dann hängt sich die Wand am Erdboden auf und es entsteht negative Wandreibung.

Zu 8.2 und 8.3

Die Angabe des Wandreibungswinkels mit max. $\delta_a = \frac{2}{3} \cdot \varphi'$ orientiert sich an der Gepflogenheit, den aktiven Erddruck mit Hilfe ebener Gleitflächen zu ermitteln. Werden ausnahmsweise gekrümmte Gleitflächen zugrunde gelegt, dann ist es durchaus vertretbar, unter Bezugnahme auf Abschnitt 1.2 auch einen höheren Wandreibungswinkel

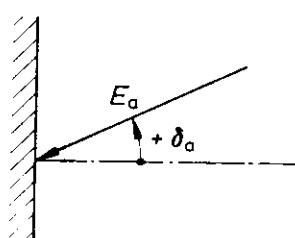


Bild 1. Vorzeichendefinition für den Wandreibungswinkel

anzusetzen, sofern sein Wert durch Versuche oder auf andere Weise belegt werden kann. Der Ansatz $\delta_a = 0$ wird sich in der Regel auf die Fälle beschränken, wo Dichtungsbahnen aus Pappe, Kunststoff oder Metall auf die Wand aufgeklebt worden sind. Ein dünner Anstrich zum Schutz des Betons gegen aggressive Bestandteile des Bodens oder des Grundwassers ist im allgemeinen nicht als plastische Schicht anzusehen.

Zu 8.4

Der Ansatz der Adhäsion ist nicht auf rauhe Wände oder auf grobkörnige bindige Böden beschränkt. Gerade bei glatten Flächen saugen sich weiche bindige Böden besonders gut fest.

Zu 9 Hinweise zur Wahl des Erddruckansatzes

Wenn auch Titel und Untertitel der Norm keinen Hinweis auf den Erddruck enthalten, so zeigt doch der Geltungsbereich, daß die Bodenkenngrößen in erster Linie im Zusammenhang mit Fragen des Erddrucks zu sehen sind. Es ist daher unerlässlich, wenigstens in den Grundzügen auf Erddruckprobleme einzugehen, zumal eine eigene Erddrucknorm zur Zeit nicht besteht. Die Norm beschränkt sich jedoch auf grundsätzliche Hinweise zur Ermittlung der anzusetzenden Erddruckkraft, ohne auf Einzelheiten einzugehen. In Wirklichkeit ist die Angelegenheit außerordentlich komplex. So hängen Wert und Verteilung der Erddrucklast, mit der eine dem Erddruck ausgesetzte Bauwerkswand belastet wird, unter anderem von folgenden Faktoren ab:

- von der Art der Baugrubenverkleidung (z. B. starre Wand, elastische Wand, Böschung),
- vom Zeitpunkt, zu dem die Baugrubenverkleidung entfernt wird (z. B. während des Verfüllens, nach dem Verfüllen, gar nicht),
- von der Breite des Arbeitsraumes (z. B. abgeböschte Baugrube, schmaler Schlitz, gar kein Arbeitsraum),
- von den Eigenschaften des Verfüllungsmaterials (z. B. nichtbindig, bindig, Grad der Plastizität, Zustandsform),
- von der Verdichtung des eingebrachten Bodens (z. B. keine Verdichtung, mittlere Verdichtung, besonders starke Verdichtung),
- von der Nachgiebigkeit des Bauwerks (z. B. durch Verschiebung, Verkantung, elastische Verformung, Schwinden),
- von Temperatureinflüssen (z. B. Ausdehnung im Sommer, Zusammenziehung im Winter).

Für den Fall von Baugrubenumschließungen siehe hierzu die Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ [2].

Zu 9.1

Der Ansatz des aktiven Erddrucks ist im allgemeinen gerechtfertigt, wenn ein etwas nachgiebiges Stützbaufwerk unmittelbar mit dem gewachsenen Boden in Berührung steht und seine Bewegungsmöglichkeiten nicht durch besondere Maßnahmen eingeschränkt werden. Diese Voraussetzungen liegen in der Regel bei Baugrubewänden vor, ferner bei Spundwänden, Pfahlwänden und Schlitzwänden, die ohne Berücksichtigung einer Nachbarbebauung als Dauerbauwerke entsprechend Bild 2 a im Boden eingespannt oder entsprechend Bild 2 b nach hinten verankert bzw. entsprechend Bild 2 c als konstruktiver Bestandteil in ein Bauwerk einbezogen werden. Auch in den Fällen, in denen das Bauwerk entsprechend Bild 2 d unmittelbar an die Baugrubenverkleidung anschließt, kann der Ansatz des aktiven Erddrucks gerechtfertigt sein, sofern auch die Baugrubenwand selbst für den aktiven Erddruck bemessen worden ist. Bei Bauwerken dagegen, die in offener Bau-

grube mit Arbeitsraum hergestellt werden, sind die Voraussetzungen für das Auftreten des aktiven Erddrucks nicht immer gegeben. Nur wenn der bei der Hinterfüllung entstehende Verdichtungserddruck durch gleichzeitige oder nachfolgende Bauvorgänge, Gleitbewegungen, Kippbewegungen oder Schwindvorgänge im Bauwerk wieder abgebaut wird, ist es gerechtfertigt, der Bemessung des Bauwerks für den Endzustand den aktiven Erddruck zugrunde zu legen. Ein Bauvorgang, der eine Entspannung des verdichteten Bodens bewirkt, kann zum Beispiel das Ziehen von Bohlträgern oder Spundwänden sein. Bei einem Bauwerk, das in einer geböschten Baugrube hergestellt worden ist, können in der Regel nur Bewegungen oder Verformungen des Bauwerks selbst zum Abbau des Verdichtungserddrucks führen. In der Regel ist dieser Abbau zu erwarten:

- bei Kellerwänden, die nicht wesentlich dicker sind als statisch erforderlich und hinter denen das Verfüllungsmaterial nicht stärker verdichtet wird als bis zu mitteldichter Lagerung, sowie
- bei Schweregewichtsmauern nach Bild 2e und Winkelstützmauern nach Bild 2f, die auf Lockergestein gründen sind.

Dies gilt sowohl bei Kellerwänden als auch bei Schweregewichtsmauern und Winkelstützmauern unabhängig davon, ob sie in geböschter oder verkleideter Baugrube hergestellt worden sind. Der Unterschied wirkt sich hier nur insofern aus, als bei der Ermittlung der maßgebenden Erddrucklast bei den geböschten Baugruben nur die Bodenkenngrößen des Verfüllungsmaterials maßgebend sind, bei den verkleideten Baugruben je nach Breite des Arbeitsraumes auch die Bodenkenngrößen des gewachsenen Bodens.

In den Fällen, in denen der Abbau des Verdichtungserddrucks nicht schon während der Hinterfüllungsarbeiten beginnt, sondern erst durch einen späteren Bauvorgang eingeleitet wird, ist es üblich, beim statischen Nachweis für den Bauzustand geringere Sicherheiten zuzulassen.

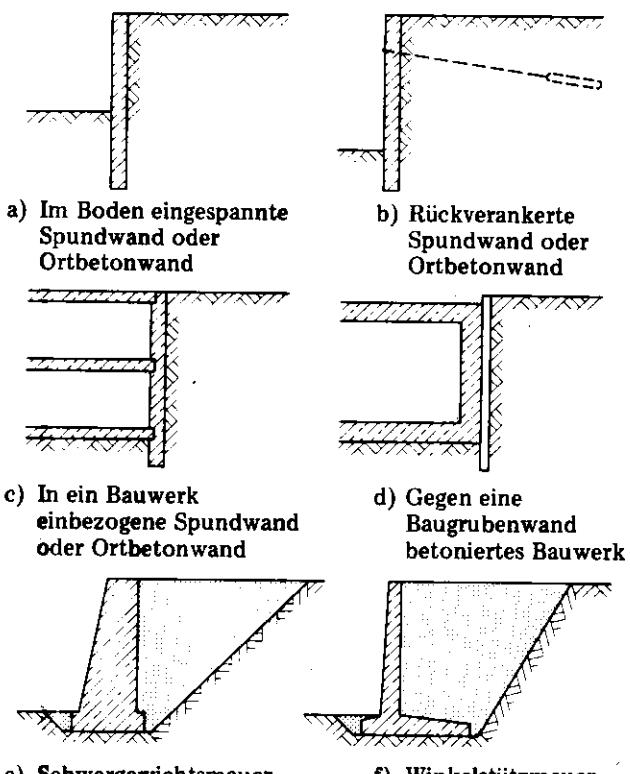
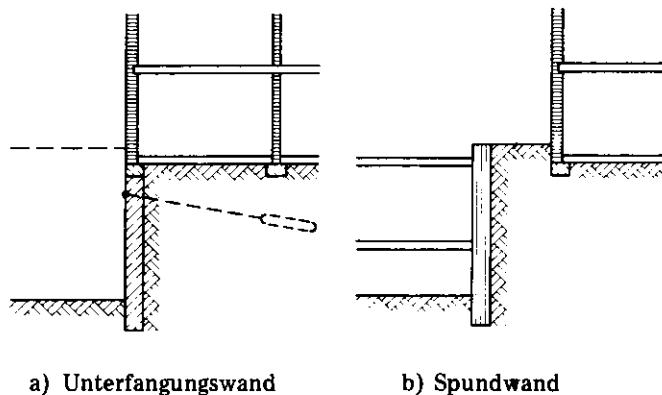


Bild 2. In der Regel für aktiven Erddruck zu bemessende Bauwerke

Zu 9.2

Die Gefahr, daß die zu erwartende Wandbewegung nicht ausreicht, um die volle Scherfestigkeit zu mobilisieren und damit den Grenzzustand des aktiven Erddrucks auszulösen, besteht vor allem bei bindigen Böden. Die Empfehlung EB 4 des Arbeitskreises „Baugruben“ [2] fordert daher den Ansatz eines Mindesterddrucks mit dem Ersatzbeiwert $K_a = 0,15$ bzw. $K_a = 0,20$, sofern sich bei einem steifen bis festen bindigen Boden rechnerisch mit den gegebenen Bodenkenngrößen gar kein oder nur ein sehr kleiner aktiver Erddruck ergibt.

Für den Fall, daß die Bewegung einer Wand durch entsprechende Maßnahmen verringert wird, z. B. bei Baugruben neben Bauwerken, sehen die Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ [2] den Ansatz eines erhöhten Erddrucks vor (siehe Bild 3). Dies gilt auch dann, wenn von der Konstruktion und den Gründungsverhältnissen her zwar ein Abbau auf den aktiven Erddruck möglich wäre, die Bewegungsmöglichkeiten des Bauwerks aber bewußt eingeschränkt werden, bei einer Winkelstützmauer nach Bild 2f z. B. durch die Wahl entsprechender Wanddicken und durch eine Vergrößerung der Fundamentfläche mit dem Ziel, die Kantenpressung herabzusetzen. Solche Maßnahmen können zweckmäßig sein, wenn mit einer Bewegung des Stützbauwerks nachteilige Folgen für die Nachbarschaft verbunden wären.



a) Unterfangungswand

b) Spundwand
oder Ortbetonwand

Bild 3. In der Regel für erhöhten Erddruck zu bemessende Bauwerke

Zu 9.3

Obwohl die Erhaltung des Erdspannungszustands des ungestörten Bodens nur in seltenen Fällen möglich ist, hat der Erdruhedruck als rechnerische obere Grenze der vom Boden her auf das Bauwerk wirkenden Belastung eine gewisse Bedeutung erlangt, vor allem für die Festlegung des erhöhten Erddrucks. Als vom anstehenden Erdreich verursachte Erddruckbelastung kommt der volle Ruhe- druck jedoch nur in Ausnahmefällen in Frage.

Bei der Ermittlung des Erdruhedrucks auf unnachgiebige Wände in ansteigendem Gelände kann die Kraftrichtung parallel zur Geländeoberfläche angenommen werden, so weit bei rauer oder weniger rauer Oberfläche die im Abschnitt 8.2 genannten Wandreibungswinkel nicht überschritten werden. Im Grenzfall $\delta = \beta = \varphi'$ erhält man dann aus der klassischen Erddrucktheorie für eine unendliche Ausdehnung der Böschung

$$K_0 = \cos \varphi'$$

Im Falle $0 < \beta < \varphi'$ kann näherungsweise geradlinig in Abhängigkeit von der Geländeneigung interpoliert werden [3]. Für den Fall, daß auf Grund der Gegebenheiten die Kraftrichtung flacher als die Geländeneigung angenommen werden muß ($\delta < \beta$), liegen keine Untersuchungen vor.

Der Einfluß von Gebädelasten und von Auflasten auf der Geländeoberfläche kann nach der Theorie des elastischen Halbraumes ermittelt werden. Näherungsverfahren, bei denen der Erdruhedruck aus solchen Lasten mit Hilfe des Beiwertes K_0 ermittelt wird, liegen demgegenüber in der Regel auf der sicheren Seite.

Zu 9.4

Wird hinter einer starren und unverschieblichen Wand Boden eingebracht und verdichtet, so entsteht ein Verdichtungserddruck in der Größenordnung des Erdruhedrucks. Als starr und unverschieblich sind z. B. die Wände folgender Bauwerke anzusehen:

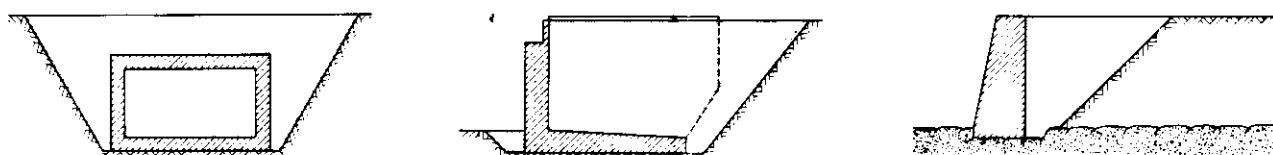
- Dickwandige Tunnelbauwerke, die von beiden Seiten her gleichzeitig verfüllt werden (siehe Bild 4a);
- Kastenförmige Widerlagerbauwerke, bei denen die Auflagerwand, die Seitenflügel und die Sohlplatte fest miteinander verbunden sind (siehe Bild 4b) sowie durch Rippen verstifte Winkelstützmauern;
- Massive Stützmauern, die auf Fels gegründet sind (siehe Bild 4c).

Bei kastenförmigen Widerlagerbauwerken und bei durch Rippen verstiften Winkelstützmauern gilt der Ansatz des Erdruhedrucks jedoch nur für die Bemessung der Einzelteile. Beim Nachweis der Standsicherheit des Gesamtbauwerks ist in der Regel der aktive Erddruck maßgebend.

Bei Bauwerken, die in einer geböschten Baugrube oder in einer Baugrube mit sehr breitem Arbeitsraum hergestellt werden, ist der Erdruhedruck in der Regel in voller Größe bis zur Bauwerksohle anzusetzen. Nur wenn die Verfüllung in einem schmalen Schlitz erfolgt (siehe Bild 5), ist damit zu rechnen, daß sich eine Silowirkung einstellt, die den Erddruck seiner Größe nach begrenzt. Wie entsprechende Untersuchungen gezeigt haben, wird in der Regel bei Baugrubentiefen bis zu 15 m und Arbeitsraumbreiten von 0,50 bis 1 m ein Verdichtungserddruck von

$$\max e_v = 40 \text{ kN/m}^2 (4 \text{ MPa})$$

nicht überschritten [4].

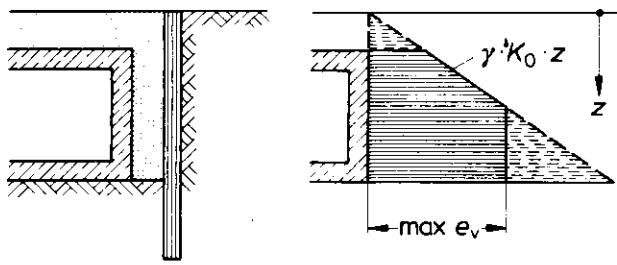


a) Tunnelbauwerk in abgeböschter Baugrube

b) Widerlagerbauwerk

c) Stützmauer auf Fels

Bild 4. In der Regel für Erdruhedruck zu bemessende Bauwerke



a) Baugrubenwand und Bauwerk mit Arbeitsraumverfüllung

b) Belastung des Bauwerks durch den Verdichtungs-erddruck

Bild 5. Verdichtungserddruck auf ein in einer verkleideten Baugrube hergestelltes Bauwerk

Zu 9.6

Während der Erddruck auf die Bemessung einer Bauwerkswand insofern einen ungünstigen Einfluß ausübt, als sie bei zunehmendem Erddruck dicker gewählt oder stärker

bewehrt werden muß, kann die Annahme eines zu großen Erddrucks auf die Bemessung von aussteifenden Bauteilen, z. B. von Bauwerksdecken, einen günstigen Einfluß haben, indem durch die rechnerische Normalkraft die Bewehrung abgemindert wird. Da Erddruckermittlungen in der Regel von vorsichtig gewählten Bodenkenngrößen ausgehen, ist es durchaus möglich, daß diese Normalkräfte überschätzt werden und damit die Bewehrung der Decken zu schwach gewählt wird. Eine genauere Untersuchung muß also in diesem Falle von den größtmöglichen Scherfestigkeiten und den kleinstmöglichen Wichten ausgehen. In der Praxis ist es allerdings vielfach üblich, auf eine genaue Untersuchung zu verzichten und statt dessen den für die Bemessung der Wand maßgebenden Erddruck bei der Bemessung der Decken auf die Hälfte herabzusetzen. Besteht die Gefahr, daß der Erdboden zeitweilig entfernt wird und der Erddruck aus diesem Grunde ganz oder teilweise entfällt, dann ist dies beim Standsicherheitsnachweis zu berücksichtigen. Gegebenenfalls können für einen kurzfristigen Ausnahmezustand die sonst verlangten Sicherheiten angemessen herabgesetzt werden.

Schrifttum

- [1] Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“; Verlag Ernst & Sohn, Berlin/München/Düsseldorf 1971.
- [2] Weißenbach, A.: Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.V.; Die Bautechnik (49) 1972, Heft 6, Seite 192-204 und Heft 7, Seite 229-239 sowie Die Bautechnik (51) 1974, Heft 7, Seite 228-232, Verlag Ernst & Sohn, Berlin/München/Düsseldorf.
- [3] Franke, E.: Ruhedruck in kohäsionslosen Böden; Die Bautechnik (51) 1974, Heft 1, Seite 18-24, Verlag Ernst & Sohn, Berlin/München/Düsseldorf.
- [4] Petersen, G. und Schmidt, H.: Bodendruckmessungen an Tunnelbauwerken des Hamburger Schnellbahnbau. Der Bauingenieur (49) 1974, Heft 8, Seite 318-326, Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg.

Einzelpreis dieser Nummer 2,80 DM

Einzellieferungen nur durch den August Bagel Verlag, Grafenberger Allee 100, 4000 Düsseldorf, Tel. 6888293/94, gegen Voreinsendung des vorgenannten Betrages zuzügl. 0,50 DM Versandkosten auf das Postscheckkonto Köln 8516-507. (Der Verlag bittet, keine Postwertzeichen einzusenden.) Es wird dringend empfohlen, Nachbestellungen des Ministerialblattes für das Land Nordrhein-Westfalen möglichst innerhalb eines Vierteljahres nach Erscheinen der jeweiligen Nummer bei dem August Bagel Verlag, Grafenberger Allee 100, 4000 Düsseldorf, vorzunehmen, um späteren Lieferschwierigkeiten vorzubeugen. Wenn nicht innerhalb von vier Wochen eine Lieferung erfolgt, gilt die Nummer als vergriffen. Eine besondere Benachrichtigung ergeht nicht.

Herausgegeben von der Landesregierung Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, Elisabethstraße 5. Verlag: August Bagel-Verlag, Düsseldorf; Druck: A. Bagel, Düsseldorf; Vertrieb: August Bagel Verlag, Düsseldorf. Bezug der Ausgabe A (zweiseitiger Druck) und B (einseitiger Druck) durch die Post. Ministerialblätter, in denen nur ein Sachgebiet behandelt wird, werden auch in der Ausgabe B zweiseitig bedruckt geliefert. Bezugspreis vierteljährlich Ausgabe A 25,80 DM, Ausgabe B 27,- DM.
Die genannten Preise enthalten 5,5% Mehrwertsteuer.